

UV Indeks sebagai Parameter terhadap *Solar Tracker Electro Pneumatic* dengan Kendali *Fuzzy*

Varian Andika Wijayakusuma¹, Budi Setiadi², Sudrajat³, Fryma Zhafran Raihan⁴

¹Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Bandung, Bandung 40012

E-mail : varian.andika.toi17@polban.ac.id

²Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Bandung, Bandung 40012

E-mail : budi.setiadi@polban.ac.id

³Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Bandung, Bandung 40012

E-mail : sudrajat@polban.ac.id

⁴Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Bandung, Bandung 40012

E-mail : fryma.zhafran.toi17@polban.ac.id

ABSTRAK

Posisi sudut tangkapan sinar ultraviolet (UV) dari matahari pada sistem panel surya mempengaruhi penyerapan energi yang berdampak pada hasil keluaran daya listrik. Posisi sudut maksimum dari sinar matahari tidak dapat diprediksi dengan menggunakan waktu terbit sampai terbenam berdasarkan tanggal dan waktu pada area tersebut, dikarenakan terdapat faktor lain seperti cuaca dan kondisi geografis area tersebut. Sehingga untuk mendapatkan tangkapan sinar UV secara maksimal, sistem panel surya harus dapat bergerak otomatis. Sistem panel surya bergerak secara otomatis dengan bantuan aktuator listrik/pneumatik berdasarkan tangkapan maksimum masukan sensor UV. Penggunaan aktuator listrik sendiri memiliki keterbatasan, sistem bergerak rotasi dengan torsi kecil dan sumber energi listrik besar. Berbanding terbalik penggunaan aktuator pneumatik dapat bergerak rotasi dengan torsi besar dan sumber energi listrik kecil (energi listrik digunakan mengisi udara kompresor). Sehingga penggunaan aktuator pneumatik dapat mengurangi daya keluaran solar panel ke jaringan beban. Nilai error dan Δ error dari hasil pengolahan data sensor UV menjadi masukan bagi sistem pengambilan keputusan berbasis kendali *fuzzy*. Keluaran sistem pengambilan keputusan ini mengatur pergerakan posisi silinder pneumatik naik, turun, atau berhenti. Pengujian perangkat bekerja dengan baik, menghasilkan overshoot 1.89% dan error steady state 2.16 % dengan indeks UV rata-rata sebesar 3.7 dengan pengujian dilakukan pada pukul 13.00 di area Kota Bandung pada kondisi cerah.

Kata Kunci

UV, panel surya, pneumatik, sudut

1. PENDAHULUAN

Pembangkit listrik tenaga angin dan matahari termasuk kategori pembangkit listrik energi baru dan terbarukan serta merupakan salah satu solusi pengganti dari pembangkit listrik yang menggunakan bahan bakar fosil menjadi energi baru dan terbarukan. Pada implementasinya, posisi sudut pada panel surya sangat berpengaruh terhadap Untuk menghasilkan daya keluaran maksimum pada pembangkit listrik tersebut, sangat dipengaruhi posisi sudut turbin angin dan panel surya. [1] Posisi sudut maksimum dari angin, dan sinar matahari tidak dapat diprediksi berdasar kalender dan waktu. Agar mendapatkan posisi sudut yang baik, generator turbin angin dan panel surya digerakkan menggunakan tracker otomatis. [2] Integrasi motor servo-generator turbin angin dan motor servo-panel surya, arah gerakan rotasi dan translasi mengikuti masukan dari sensor [3]. Penggunaan motor servo sebagai aktuator untuk menggerakkan posisi sudut generator turbin angin atau panel surya memiliki kekurangan. Pasokan energi listrik untuk menggerakkan motor servo berasal dari pembangkit internal yang dihasilkan. [4] Dampak dari penggunaan motor servo ini adalah berkurangnya daya keluaran listrik untuk ke

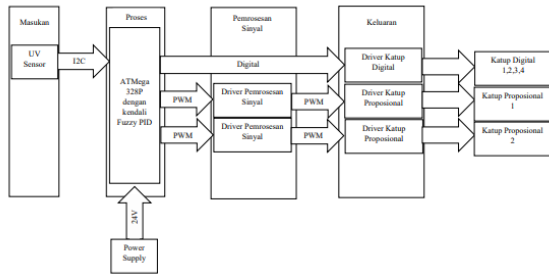
jaringan beban. Penelitian ini bertujuan untuk melihat respon dinamik dari kombinasi elektro-pneumatik pada sistem solar tracker. [5,6] Perubahan posisi sudut solar tracker digerakkan secara mekanik. [7,8,9] Komponen mekanik yang digunakan sebagai aktuator *solar tracker* adalah tipe silinder pneumatik kerja ganda. [10,11] Silinder pneumatik bergerak naik, turun, atau stop menggunakan sumber energi angin yang alirannya diatur melalui 4 katup digital dan 2 katup proporsional. Sedangkan untuk kendalinya menggunakan sistem elektronik berbasis *fuzzy*. Sensor UV untuk memantau sudut pergerakan matahari difungsikan sebagai umpan balik atau masukan bagi sistem pengambilan keputusan kendali *fuzzy*. Sebelumnya nilai masukan sensor UV diperbaharui menjadi variabel *error* dan Δ *error*. Keluaran sistem pengambilan keputusan *fuzzy* sugeno digunakan untuk mengatur katup digital dan proporsional.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Tahapan penelitian ini terdiri dari empat tahap. Tahapan perancangan perangkat keras elektronik, pneumatik, perangkat lunak, dan realisasi sistem.

2.1 Desain Perangkat Keras

Gambar 1 menunjukkan desain diagram blok perangkat keras secara keseluruhan. Blok perangkat keras terdiri dari masukan, proses, pemrosesan sinyal, dan keluaran.

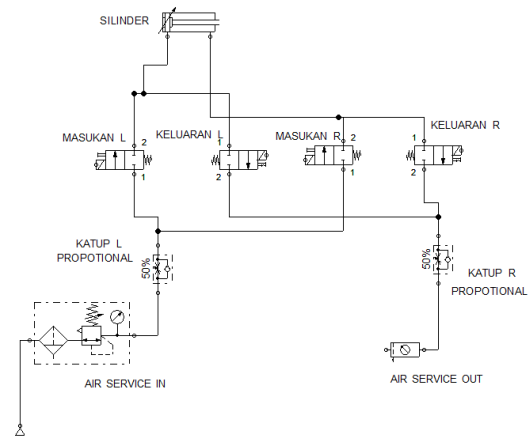


Gambar 1 Blok Diagram Perangkat Keras

Masukan terdiri dari satu buah sensor UV (x) yang berfungsi untuk mendeteksi nilai indeks UV dan juga sebagai umpan balik ke algoritma *Fuzzy*. Prosesnya menggunakan mikrokontroler ATMega328P dengan platform Arduino nano. Mikrokontroler berfungsi untuk mengolah semua data yang masuk, kemudian diolah menggunakan algoritma *fuzzy* dan keluaran berupa sinyal (digital, PWM, UART). Signal processing berfungsi untuk mengolah sinyal PWM menjadi tegangan (0 – 5 Volt). Kemudian memproses sinyal V menjadi V dengan batas pengaturan arus secara otomatis. Keluarannya terdiri dari aktuator katup digital dan katup proporsional. Katup digital berfungsi untuk mengarahkan aliran udara ke silinder kerja ganda pneumatik di solar tracker (bergerak dari timur ke barat atau sebaliknya). Katup proporsional berfungsi untuk mengatur kecepatan aliran udara melalui silinder pneumatik.

2.1 Desain pneumatik

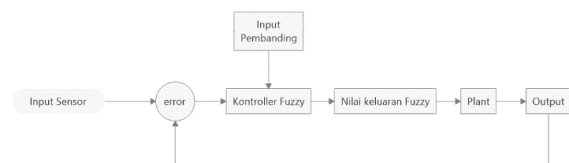
Gambar 2 menunjukkan diagram blok perangkat keras pneumatik. Desain sistem terdiri dari aktuator pneumatik silinder kerja ganda, 4 katup digital, 2 katup proporsional, unit layanan udara, sumber udara, dan peredam. Silinder pneumatik berfungsi sebagai aktuator untuk mendorong stop solar tracker yang bergerak dari timur ke barat, melalui pengaturan katup digital (*inlet L* dan *outlet R*). sebaliknya, ia bergerak dari barat ke timur, melalui pengaturan katup digital (*inlet R* dan *outlet L*). Sedangkan katup proporsional berfungsi untuk mengatur kecepatan gerak silinder pneumatik dengan mengatur aliran udara masuk dan keluar. Kedua bukaan katup dirancang sama untuk menjaga tekanan silinder tetap stabil. Unit *service* udara memiliki 3 fungsi yaitu menyaring elemen air di udara, mengatur tekanan, menampilkan, dan melumasi.



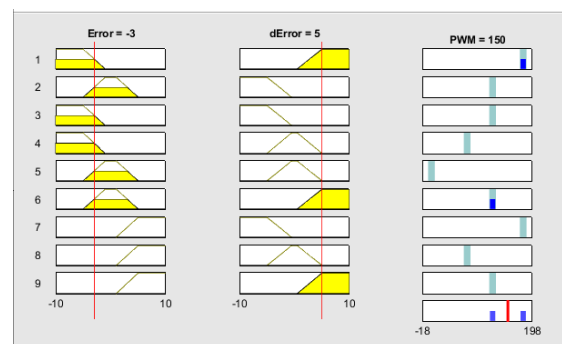
Gambar 2 Desain Sistem Pneumatik

2.2 Desain Perangkat Lunak

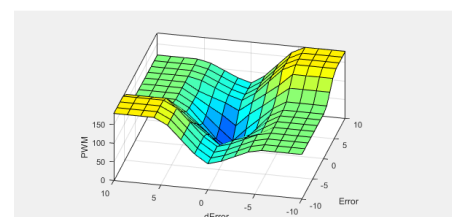
Masukan kendali *fuzzy* adalah *error* dan $\Delta error$ yang didapat dari sensor UV. Selanjutnya dicari nilai derajat keanggotaannya. Hasil nilai derajat keanggotaan dilakukan proses AND dan selanjutnya diinferensi dengan metode sugeno. Keluaran dari proses inferensi adalah nilai yang masih bersifat *fuzzy*, sehingga dilakukan defuzzifikasi. Nilai keluaran selanjutnya digunakan untuk melakukan pengambilan keputusan apakah silinder pneumatik bergerak naik, turun, atau stop.



Gambar 3 Diagram alir perangkat lunak



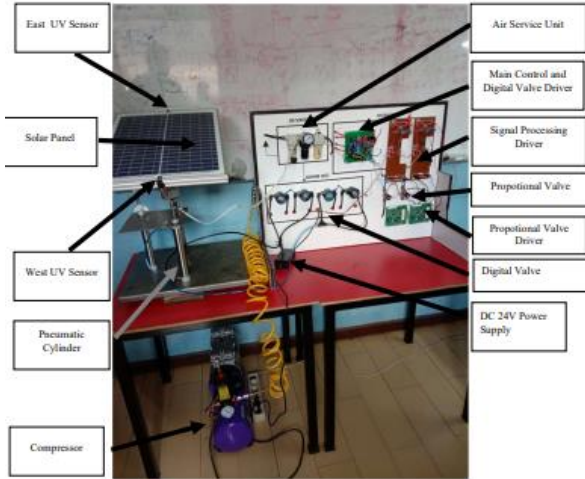
Gambar 4 Rules Fuzzy Solar Tracker



Gambar 5 Tampilan Surface Desain Fuzzy Solar Tracker

2.3 Realisasi Sistem

Realisasi sistem *pneumatic solar tracker* ditunjukkan pada Gambar 6. Perangkat terdiri dari 4 bagian utama. Sumber udara (kompresor), aktuator pelacak surya, katup pneumatik, dan pengolah data elektronik.



Gambar 6 Realisasi Sistem Pneumatik

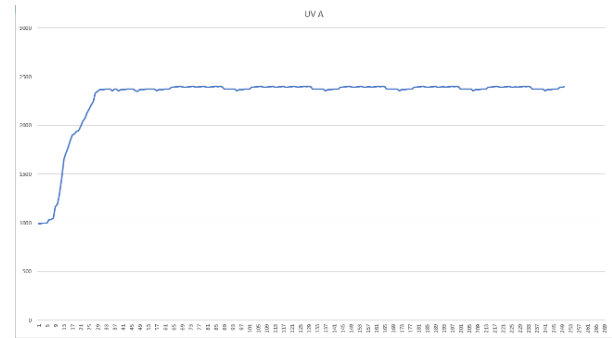
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada tahap ini dilakukan pengujian perangkat keras dan lunak. Pengujian perangkat keras diawali pada sensor UV. Sensor UV bekerja membaca indeks UV dan *infrared* sekaligus dalam satu waktu. Pengujian sensor UV dilakukan pada kondisi cuaca cerah dengan menggerakkan sensor secara manual dari $-22,5^{\circ}$ ke 0° . Hasil pengujian sensor pada kondisi cerah secara *real time* ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1 Pengujian respon sensor UV

TIME	UVA	UVB	UV INDEX	Setpoint index
13:03:55.05	990	12.45	0.6	3.7
13:03:56.06	992.67	20.17	0.61	3.7
13:03:57.07	994.34	27.89	0.62	3.7
13:03:58.09	993.23	35.61	0.63	3.7
13:03:59.10	994.12	43.33	0.64	3.7
13:04:00.11	1026.32	51.05	0.65	3.7
13:04:01.13	1033.42	58.77	0.66	3.7
13:04:02.14	1045.05	66.49	0.67	3.7
13:04:03.15	1160.51	74.21	0.68	3.7
13:04:04.17	1194.32	81.93	0.7	3.7
13:04:05.18	1288.57	89.65	0.75	3.7
13:04:06.19	1456.13	97.37	0.8	3.7
13:04:07.21	1651.34	118.38	0.85	3.7
13:04:08.22	1708.82	223.33	0.89	3.7
13:04:09.23	1769.49	328.28	0.95	3.7
13:04:10.25	1833.43	433.23	1.02	3.7
13:04:11.26	1897.37	440.54	1.16	3.7
13:04:12.28	1911.31	465.55	1.3	3.7
13:04:13.29	1935.28	505.87	1.67	3.7
13:04:14.30	1947.12	595.32	1.78	3.7
13:04:15.32	1982.11	614.47	1.9	3.7
13:04:16.33	2038.39	664.05	2.09	3.7
13:04:17.34	2072.03	674.55	2.2	3.7
13:04:18.36	2126.18	688.06	2.3	3.7
13:04:19.37	2165.94	818.25	2.37	3.7
13:04:20.38	2205.7	927.67	2.48	3.7
13:04:21.40	2245.46	997.52	2.52	3.7
13:04:22.41	2320.93	1067.48	2.64	3.7
13:04:23.42	2348.05	1078.5	2.78	3.7
13:04:24.44	2365.09	1092.95	2.86	3.7
13:04:25.45	2368.95	1108.93	2.92	3.7
13:04:26.47	2368.94	1160.82	2.99	3.7
13:04:27.48	2370.39	1217.86	3.12	3.7
13:04:28.49	2373.73	1379.8	3.25	3.7
13:04:29.51	2371.61	1439.54	3.41	3.7
13:04:30.52	2350.4	1466.22	3.55	3.7
13:04:31.53	2373.73	1478.08	3.63	3.7
13:04:32.55	2371.61	1496.22	3.7	3.7

Terlihat menghasilkan nilai indeks UV lebih stabil dibandingkan dengan indeks UVA dan UVB yang ditandai pada respon silinder. Gambar 7 menunjukkan grafik hasil pengujian sensor pada kondisi cerah untuk pembacaan UVA. Terlihat pembacaan pengolahan data perangkat lunak menghasilkan nilai indeks *infrared* tidak stabil (berosilasi) setiap durasi 2 detik.



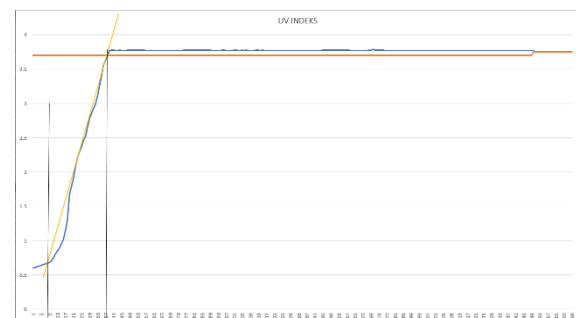
Gambar 7 Respon Indeks UVA

Gambar 8 menunjukkan grafik hasil pengujian sensor pada kondisi cerah yang mendeteksi UVB. Terlihat menghasilkan nilai lebih stabil dibandingkan dengan nilai UVA. Grafik hasil pembacaan satu waktu antara indeks UV, UVA dan UVB terlihat memiliki pola yang sama.



Gambar 8 Respon Indeks UVB

Pada penelitian ini pembacaan data yang digunakan sebagai umpan balik pengambilan keputusan fuzzy adalah indeks UV. Sedangkan nilai setpoint 3.7 digunakan sebagai acuan sistem solar tracker, berdasarkan tingkat rata-rata pembacaan indeks UV di Kota Bandung pada kondisi cerah seperti terlihat pada grafik dimana keluaran fuzzy yang menghasilkan keluaran respon seperti pada grafik dibawah.



Gambar 9 Respon Indeks UV dengan Kendali Fuzzy

Pengujian sistem solar tracker merupakan kombinasi perangkat lunak algoritma *fuzzy* yang dirancang dengan perangkat keras elektronik. Pengujian kombinasi ini bertujuan untuk mengetahui respon dinamik silinder pneumatik pada *solar tracker*. Pengujian dilakukan dengan skenario tanpa gangguan, seperti ditunjukkan pada Gambar 9.

Dari Gambar 9 didapatkan nilai *time settling* atau t_s dan *error steady state*. *Setpoint* indeks UV=3.7 ditanam secara program di mikrokontroler. Berikut penjelasan perhitungannya.

- Time settling* didapatkan $T_s=7.8s$;
- Error steady state* yang didapatkan:

$$ess = \frac{(3,77-3,7)}{3,7} \times 100 \% = 1.89 \% \quad (4)$$

- Maksimum *Overshoot* (M_p) merupakan nilai tertinggi dari grafik adalah 3,16 maka :

$$M_p = \frac{(3,78-3,7)}{3,7} \times 100\% = 2.16 \% \quad (5)$$

4. KESIMPULAN

Pengaturan otomatis aktuator silinder pneumatik pada solar tracker menggunakan *fuzzy* telah berhasil dirancang dan diimplementasikan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem dapat mempertahankan *setpoint* dengan respon dinamik *overshoot* 1.89 % dan *error steady state* 2.16%. Penelitian lebih lanjut yang dapat dilakukan adalah dengan mengembangkan metode *neural network* dan metode *fuzzy* guna membandingkan respon kinerja pada setiap sistem kendali mana yang lebih baik. Dibandingkan dengan penelitian sebelumnya didapatkan hasil bahwa UV Indeks menghasilkan respon yang lebih akurat dibandingkan sensor cahaya biasa, dimana ia dapat membedakan cahaya yang memiliki radiasi UV dimana hal tersebut merupakan sumber energi pada panel surya, dan cahaya lainnya seperti lampu dan api.

UCAPAN TERIMAKASIH

Tim peneliti mengucapkan terimakasih kepada Politeknik Negeri Bandung, melalui wakil Direktur Akademik atas bantuan pendanaan penyusunan tugas akhir nomor B/402/PL1.R1/EP.00.08/2021 kelompok A1).

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Smirnov, A. G. Vozmilov and P. A. Romanov, "Comparison of Discrete Sun Tracking Methods for Photovoltaic Panels," 2019 International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing (ICIEAM), Sochi, Russia, pp. 1-5. 2019.D.
- [2] Chern, T., et al., (2014). "Excitation Synchronous Wind Power Generators With Maximum Power Tracking Scheme", in *IEEE Transactions on Sustainable Energy*, 5, pp. 1090-1098.
- [3] A. Díaz, R. Garrido and J. J. Soto-Bernal, "A Filtered Sun Sensor for Solar Tracking in HCPV and CSP Systems," in *IEEE Sensors Journal*, vol. 19, no. 3, pp. 917-925, 1 Feb. 2019.
- [4] S. Hirzel, ET. AL, "Electric or Pneumatic? Comparing Electric and Pneumatic Linear Drives with Regard to Energy Efficiency and Costs," ECEEE Industrial Summer Study Proceedings, pp.475-485. 2014.
- [5] Cesar, R. Mardiyanto, "Pengembangan Lengan Robot menggunakan Sistem Pneumatik untuk mengambil Benda," Tugas Akhir TE141599 Jurusan Teknik Elektro Institut Teknologi Sepuluh Nopember, pp. 1-74. 2017, <http://repository.its.ac.id/2613/7/2212100178-Undergraduate-Theses.pdf>
- [6] Rouzbeh, B., Bone, G.M., and Ashby, G., (2018). "High-Accuracy Position Control of a Rotary Pneumatic Actuator", in *IEEE/ASME Transactions on Mechatronics*, 23, pp. 2774-2781.
- [7] C. D. Rodríguez-Gallegos, O. Gandhi, S. K. Panda and T. Reindl, "On the PV Tracker Performance: Tracking the Sun Versus Tracking the Best Orientation," in *IEEE Journal of Photovoltaics*, vol. 10, no. 5, pp. 1474-1480, Sept. 2020, doi: 10.1109/JPHOTOV.2020.3006994.
- [8] H. Fathabadi, "Novel Online Sensorless Dual-Axis Sun Tracker," in *IEEE/ASME Transactions on Mechatronics*, vol. 22, no. 1, pp. 321-328, Feb. 2017, doi: 10.1109/TMECH.2016.2611564.
- [9] J. Wu, X. Chen and L. Wang, "Design and Dynamics of a Novel Solar Tracker With Parallel Mechanism," in *IEEE/ASME Transactions on Mechatronics*, vol. 21, no. 1, pp. 88-97, Feb. 2016, doi: 10.1109/TMECH.2015.2446994.
- [10] Baisrum, B. Setiadi, S. W. Jadmiko, Sudrajat, V. A. Wijayakusuma, F. Z. Raihan, "Solar Tracker Elektro-Pneumatik Berbasis Kendali Fuzzy," *Rekayasa Hijau: Jurnal Teknologi Ramah Lingkungan*, vol. 04, no. 03, pp. 179-190, Nov. 2020, doi: <https://doi.org/10.26760/jrh.v4i3.179-190>
- [11] Z. Lin, T. Zhang, Q. Xie and Q. Wei, "Intelligent Electro-Pneumatic Position Tracking System Using Improved Mode-Switching Sliding Control With Fuzzy Nonlinear Gain," in *IEEE Access*, vol. 6, pp. 34462-34476, 2018.